ISTITUTO ITALIANO DI SPELEOLOGIA

Dott. EGIDIO FERUGLIO

IL BÛS DE LA LUM

NELL' ALTIPIANO DEL CANSIGLIO

ALCUNI DATI SULLA DISTRIBUZIONE VERTICALE DELLA TEMPERATURA NELLA VORAGINE

ESTRATTO DAL FASCICOLO DI LUGLIO-SETTEMBRE 1929 - A. VII
DE "LE GROTTE D'ITALIA"
RIVISTA DELL'ISTITUTO ITALIANO DI SPELEOLOGIA E ORGANO UFFICIALE DELLE REGIE
GROTTE DEMANIALI DI POSTUMIA

IN PROSSIMITÀ DELL'INGRESSO DEL "BÛS DE LA LUM,, - NELLO SFONDO IL R. PALAZZO DEL CANSIGLIO.

IL BÛS DE LA LUM NELL'ALTIPIANO DEL CANSIGLIO

Alcuni dati sulla distribuzione verticale della temperatura nella voragine

Storia dell'esplorazione della voragine.

La rinomanza che il Bûs de la lum aveva acquistata fra gli speleologi, fu dovuta al risultato erroneo d'uno scandaglio lanciatovi da L. MARSON, che gli attribuiva la profondità di 460 metri, assegnandogli così il primo posto fra i pozzi naturali fino allora conosciuti. Con la nuova e definitiva esplorazione compiuta dalla Commissione Grotte della Società Alpina delle Giulie, che ne ha accertato la profondità a soli 225 metri, la voragine è scesa a un posto relativamente modesto in confronto di quelle, assai più profonde, del vicino Carso, pur conservando ancora il primato fra i pozzi naturali del Friuli (1).

Grazie a questa sua fama non meritata, la esplorazione del Bûs de la lum aveva costituito per lunghi anni una delle imprese a cui più vivamente tendeva l'opera del Circolo Speleologico e Idrologico Friulano, al quale, peraltro, la deficienza dei mezzi ha vietato di condurla a compimento.

Il primo autore che ha scritto sulla voragine è stato G. MARINELLI (2). Il MARSON se ne occupò a più riprese, lanciandovi alcuni scanda-

(1) La cavità sotterranea più profonda, finora conosciuta, è *La Spluga della Preta*, nel gruppo del Monte Baldo (Verona) con m. 637. Vengono a breve distanza l'Abisso di Verco, sulla Bansizza, profondo m. 518, indi quello di Montenero con m. 480 e quarto l'Abisso Bertarelli nella Ciceria (Carso istriano), profondo 450 metri e la cui difficile esplorazione è stata eseguita nell'agosto 1925 dalla Commissione Grotte dell'Alpina delle Giulie. (Vedi a pag. 174, anno II, n. 4, *Le Grotte d'Italia*: «Le trenta cavità sotterranee più profonde del mondo»).

(2) MARINELLI G. - *Una visita alle sorgenti del Livenza e al Bosco del Cansiglio, ecc.* « Boll. del C. A. I. », n. 29. Torino, 1877.

gli che avrebbero raggiunto successivamente le profondità di 50, 120 e infine 460 metri (3). Tre soci del Circolo Speleologico di Udine, il dott. Urbano Capsoni, il maestro Alfredo Lazzarini e il dott. Angelo Coppadoro, il 12 settembre 1902 calarono nella voragine un nuovo scandaglio, che si arrestò alla profondità di 90 metri (4). Una nuova commissione inviata dal Circolo e costituita dal dott. Fortunato Frattini, da Giuseppe Antonini e da Giuseppe Feruglio, fra l'11 e il 13 luglio 1904 scandagliò la profondità di 254 metri e compì la discesa nella voragine, eseguendone il rilievo, sino a circa 60 m. dalla bocca (5).

La discesa nel Bûs de la lum fu ultimamente (4-7 agosto 1924) ritentata e felicemente compiuta da una squadra d'una ventina di speleologi della Commissione Grotte della Società Alpina delle Giulie, sotto la guida sperimentata di Eugenio Boegan. Parteciparono all'impresa il compianto ed illustre Presidente del Touring Club Italiano, L. V. Bertarelli e lo scrivente in rappresentanza del Circolo Speleologico Friulano. Le vicende e i risultati dell' esplorazione si trovano esposti nella relazione pubblicata dalla Società Alpina delle Giulie, dalla quale togliamo il rilevamento della voragine eseguito dal segretario della Commissione Grotte, Antonio Berani (6).

Qui ci limiteremo a un breve cenno descrittivo della voragine, per considerare poi le condizioni geologiche.

PIANTE E SEZIONE VERTICALE DEL BÛS DE LA LUM, SECONDO RILIEVI DI A. BERANI (SCALA: 1 A 2000).

Descrizione della voragine.

Il Bûs de la lum (7) è situato 1 km. a SE del R. Palazzo del Cansiglio e a un'altitudine di 1045 m. (8). Si apre con un ampio imbuto a contorno ellittico, che discende con pendìo assai inclinato e coperto di vegetazione sul lato nord-occidentale, con pareti ertissime o a picco sugli altri lati. In fondo all'imbuto si aprono due pozzi separati da uno stretto diaframma roccioso che termina a circa 60 m. di profon-

(3) Marson L. - *Nevai di circo e traccie carsiche e glaciali nel gruppo del Cavallo.* « Atti del IV Congresso geografico italiano ». Milano, 1901. « Bollettino della Società Geografica Italiana », anni 1903, 1905, 1907 e 1909.

(4) Coppadoro A. - *Contributo allo studio dei fenomeni carsici del Cansiglio.* « In Alto », Cronaca della Società Alpina Friulana, anno XIII, n. 2. Udine, 1903.

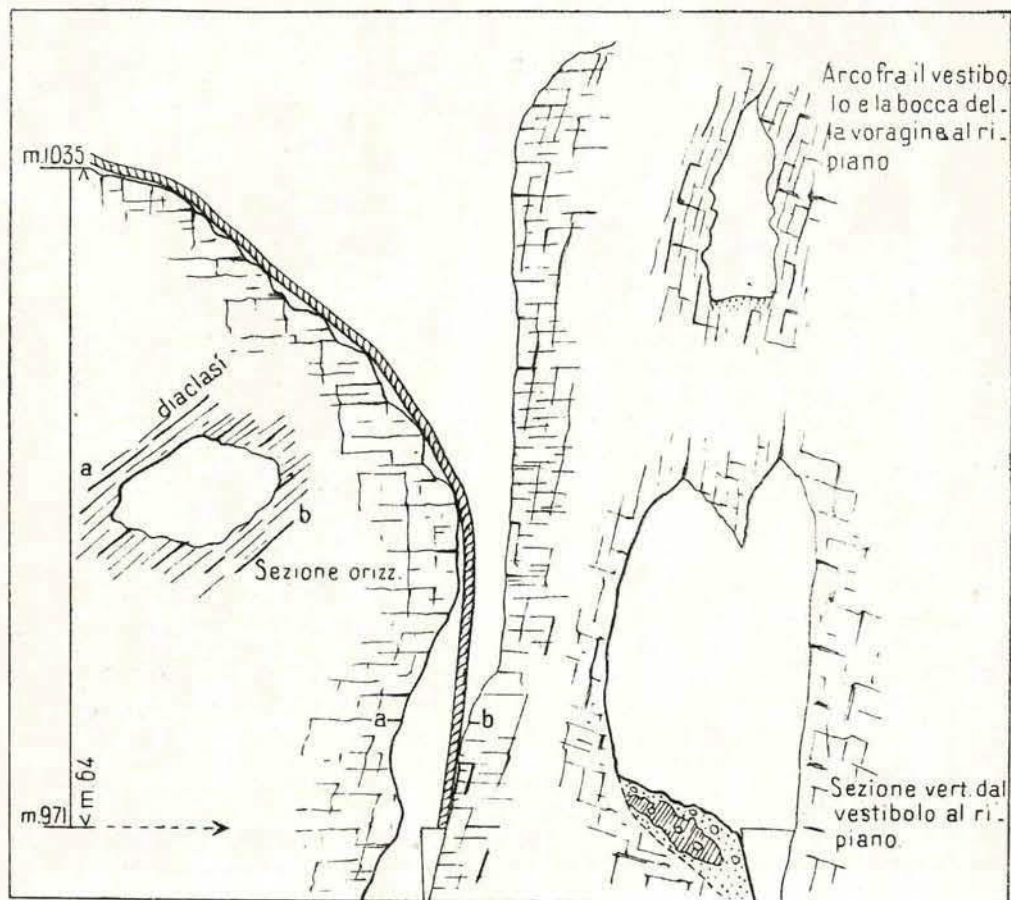
(5) Frattini F. - *Ricerche preliminari al Buso de la lume.* Relazione manoscritta fra gli Atti del Circolo Speleologico. Vedasi pure il lavoro di De Gasperi G. B. - *Grotte e voragini del Friuli,* « Memorie geografiche » di G. Dainelli, Firenze, 1915, che contiene la pianta della bocca e due sezioni della parte superiore della voragine.

(6) Vedasi l'articolo *Dal Bus de la lum all'Abisso Bertarelli,* nel fascicolo luglio-dicembre 1925 delle « Alpi Giulie », Trieste

(7) Deve il suo nome *(Buco del lume)* alla comparsa alla bocca di fiammelle, forse dovute alla spontanea combustione del prodotto della decomposizione dei cadaveri di animali gettativi nell'interno.

(8) Media di 4 misurazioni all'aneroide. La quota si riferisce all'orlo occidentale della voragine (punto I dell'annesso rilevamento eseguito dalla Commissione Grotte, che gli assegna l'altitudine di m. 1032.5).

dità. Il pozzo meridionale scende a perpendicolo; il pozzo settentrionale, pel quale si effettuò la discesa e che figura nell'unita sezione, presenta un primo restringimento fra 28 e 30 metri di profondità e un secondo a 53 metri, alla base di un gradino in roccia coperto di sfasciume roccioso con qualche tronco d'albero. Un secondo e più esteso gradino è situato a 64 metri dalla bocca. Il fondo di questo ripiano, sopra il quale avviene la riunione dei due pozzi, è coperto da una considerevole massa di detrito roccioso con tronchi caduti dall'alto, parzialmente cementata da neve e inclinata verso la profondità dell'abisso. Per sostenere questa massa incoerente, da cui di tratto in tratto, causa lo sciogliersi della neve, si staccavano delle pietre che precipitavano al fondo, fu forza alzare una specie di diga o palizzata, costrutta con tronchi e tavole calati dall'alto e che richiese tre giorni di improbo lavoro.

Appena sotto il ripiano la voragine si allarga alquanto e scende quasi verticalmente sino al fondo, terminando in una camera oblunga di 25 m. di lunghezza per 7 di larghezza e coll'asse maggiore orientato da NNE a SSW. Il fondo della sala è costituito da un piccolo cono detritico, con pietrame di varia grossezza (fino a qualche decimetro di lato) e con tronchi e rami d'albero. L'acqua che durante le pioggie scende dall'alto a cascata o scorrendo lungo le pareti del pozzo (scabre e scannellate dall'azione solvente) si perde per filtrazione in questa massa caotica. Una fenditura aperta all'estremità SSW di questa prima camera, conduce a una seconda e più ampia sala, dalla vôlta altissima, allungata nella stessa direzione della sala precedente sopra una lunghezza di 46 m.

SEZIONE VERTICALE DEL POZZO SETTENTRIONALE DEL BÛS DE LA LUM (SCALA: 1 A 730 CIRCA) E SEZIONI PARZIALI.

L'IMPONENTE IMBOCCO DEL «BÛS DE LA LUM» MENTRE VIENE INIZIATA L'ESPLORAZIONE.

L. V. BERTARELLI SU UN PRIMO RIPIANO DELL'ABISSO ESAMINA L'INIZIO DELL'ESPLORAZIONE.

mentre la larghezza è di 25 m. Nella parete meridionale, quasi a una ventina di metri sopra il fondo, si apre un pertugio elittico, dal quale in periodo di pioggia esce un potente getto di acqua che scavò nel fondo roccioso una specie di marmitta. Dalla parete orientale si diparte un tortuoso cunicolo, lungo una ventina di metri, e che termina in un foro alto 9 m. sul fondo, da cui esce un rigagnolo che si perde nel fino detrito roccioso che copre il fondo.

Condizioni geologiche della voragine.

La elissoide del Cansiglio, sulla cui sommità è aperto il Bûs de la lum, è costituita da una potente pila di calcari in gran parte di scogliera, che si estende cronologicamente dal Giurese superiore (affiorante sopra Polcenigo) sino al Cretaceo superiore. La vôlta dell'ellissoide, in corrispondenza al Piano del Cansiglio, si deprime in forma di ampio bacino, che è occupato dalla Scaglia senoniana a cui fan sèguito strati arenaceo-marnosi dell'Eocene. La voragine è scavata nei calcari bianchi compatti a Rudiste, presso il limite d'affioramento della Scaglia, la quale occupa vasta parte del Piano del Cansiglio. Dirigendosi dalla voragine verso il R. Palazzo, sopra gli strati calcarei a Rudiste, qua e là interamente gremiti di fossili (però di difficile isolamento), si adagia un banco, potente vari metri, d'una breccia a elementi degli strati sottoposti, riuniti da un cemento marnoso giallo-verdastro con articoli di Crinoidi. Il banco è coperto in concordanza dalla Scaglia grigia selcifera (9).

La voragine discende perpendicolarmente o quasi alle superfici di stratificazione del calcare cretaceo, il quale sèguita ancora per alcune centinaia di metri sotto il fondo del pozzo. Nell'interno della voragine, i banchi calcarei, spesso mal definiti, sono attraversati da un sistema di litoclasi verticali o fortemente inclinate, cioè con andamento quasi perpendicolare ai piani di stratificazione. Nel ripiano situato a 64 m. sotto la bocca, il sistema principale di fessure è orientato nella direzione approssimata N 17° E, con un'inclinazione di 70° circa a WNW. L'asse maggiore nelle sezioni orizzontali del pozzo sottostante, tende invece a disporsi nella direzione NW-SE (10).

Nella prima camera situata al fondo della voragine, la direzione delle diaclasi è nuovamente da NNE a SSW, parallela cioè all'asse d'allungamento delle due sale. Meglio del resto d'ogni descrizione a parole, le unite sezioni parziali della voragine servono a mettere in evidenza le strette relazioni che intercedono fra l'andamento di questo principale sistema di diaclasi e le condizioni di forma e di sviluppo della voragine, la quale deve la sua origine all'ampliamento delle fenditure per opera dell'erosione meccanica e dell'azione solvente delle acque. All'influenza dei giunti di stratificazione è dovuta invece la caratteristica conformazione a piccoli gradini delle pareti del pozzo, chiaramente espressa dalle sezioni verticali (11).

Distribuzione verticale della temperatura nella voragine.

Nella tabella N. 1 sono riuniti i dati di temperatura da me registrati a varia profondità

(9) FERUGLIO EGIDIO - *Le Prealpi fra l'Isonzo e l'Arzino.* « Bollettino dell'Associazione Agraria Friulana », 1925, pag. 187-188.

(10) APOLLONIO MARIANO - *Dal Bûs de la lum all'Abisso Bertarelli*, citato, pag. 56.

(11) Le sezioni da me rilevate non sono state prese esattamente nella direzione dello spaccato disegnato dal BERANI.

TABELLA N. 1

Profondità in metri (1)	4 agosto		6 agosto		7 agosto		8 agosto		9 agosto	
	Ora	Temperatura	Ora	Temperatura	Ora	Temperatura	Ora	Temperatura	Ora	Temperatura
0	8.45 16.30 17 19.25	14.°1 16.°7 15.°6 10.°1	8.20 9.58 12.30 14.30 20	16.°5 21.°? 20.°8 22.°3 14.°3	8.10 12.20 14.35	16.°5 22.°9 22.°3	8.30 14.45 16.10	18.°2 22.°9 20.°9	6.30 8.15 18	12.°6 12.°8 15.°2
7	—	—	—	—	—	—	14.50	20.°6	6.45	12.°7
8	—	—	14.35	20.°3	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—	—	14.55	18.°5	—	—
10.5	—	—	—	—	14.30	20.°2	—	—	—	—
11	—	—	—	—	—	—	15	14.°2	6.50	12.°6
12	—	—	14.40	14.°4	14.25	12.°3-13°.4	15.5	12.°4-12.°8	6.55	12.°9
14	—	—	—	—	—	—	15.10	9.°4-10.°3	7	10.°
14.5	—	—	—	—	14.20	9.°2	—	—	—	—
17	—	—	—	—	14.16	7.°3	—	—	—	—
20	—	—	14.45	7.°8	—	—	15.15	7.°8	—	—
20.5	—	—	—	—	14.13	6.°7	—	—	—	—
22	—	—	—	—	14.10	5.°4	15.20	5.°7	7.3	7.°8
29	—	—	—	—	14.5	4.°8	—	—	—	—
40	—	—	14.50	5.°2	—	—	—	—	—	—
49	—	—	—	—	—	—	—	—	7.6	4.°8
54	—	—	14.55	4.°3	14	3.°9	15.25	4.°1	—	—
64 (ripiano)	16.30	3.°5	9.58 12.30 15 19.30	3.°4 3.°4 3.°3 5.°0 (2)	13.40	3.°3	15.30	3.°4	7.10 14.30	3.°8 3.°6
70	17	3.°5	—	—	—	—	—	—	—	—
225 (fondo della voragine)	—	—	—	—	—	—	16	2.°9 (3)	15.30	3.°2

(1) Misurata dal ciglio del pozzo settentrionale, al punto d'attacco delle scale.
(2) Riscaldamento dovuto alla permanenza degli esploratori.
(3) Misurazione fatta da A. Berani.

nella voragine durante il breve periodo della esplorazione. Le misure furono rilevate con un termometro a fionda, scendendo direttamente nel pozzo.

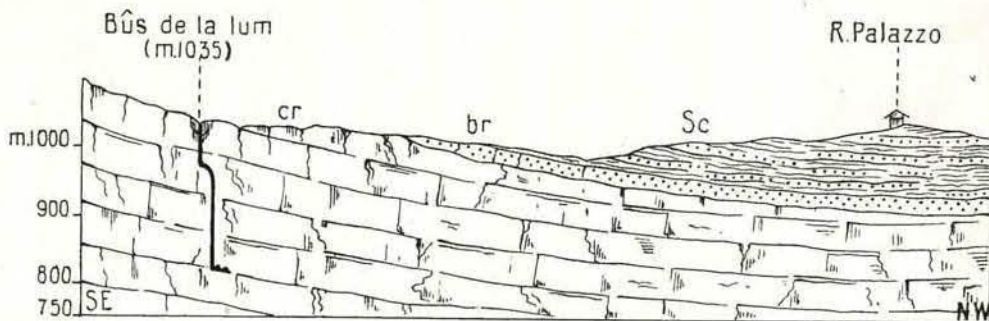
Dall'esame della tabella e dei diagrammi che rappresentano graficamente l'andamento della temperatura lungo la verticale, risulta che la colonna d'aria che riempie il pozzo può essere divisa in due parti sovrapposte e abbastanza ben distinte:

1° - Una parte superiore, dello spessore di circa 60 m. nel periodo considerato (cioè dal 6 al 9 agosto), però certamente variabile con la stagione e con la pressione barometrica, soggetta alle oscillazioni diurne della temperatura esterna e perciò generalmente caratterizzata da una notevole diversità e variabilità della temperatura lungo la verticale e dalla frequenza del fenomeno dell'inversione.

2° - Una parte inferiore che risente solamente le variazioni termiche esterne a più largo periodo e nella quale la temperatura, durante il breve spazio di tempo contemplato dai diagrammi, si è mantenuta eguale e quasi costante lungo la verticale (strato isotermico).

Nelle quattro serie di osservazioni termiche rilevate, la parte superiore della colonna presenta assai chiaro il fenomeno dell'inversione della temperatura; la quale infatti diminuisce rapidamente nei primi 30-40 m., con un salto repentino fra 10 e 15 m., per decrescere poi più lentamente fra 30 e 60 m.

Questo fenomeno della stratificazione termica, sostanzialmente analogo a quello da lungo tempo osservato nelle acque dei laghi, facilmente si spiega come effetto della variabilità della temperatura esterna. L'aria esterna, fortemente raffreddata e perciò più pesante nell'inverno, scende nel fondo della voragine, ove rimane lungamente stagnante e dove, stante la difficoltà della circolazione aerea nello stretto camino del pozzo e le speciali condizioni statiche dovute alla densità decrescente verso l'alto, il suo riscaldamento avviene principalmente per comunicazione di calore dall'alto al basso per sola conduttività; per cui, grazie alla scarsa conducibilità termica dell'aria, la parte inferiore della colonna resta sottratta alle variazioni diurne.

Questo fatto spiega la bassa temperatura osservata nell'interno della voragine, temperatura (3°.2-3°.4) inferiore non solo alla media estiva

SPACCATO GEOLOGICO FRA IL BÛS DE LA LUM E IL R. PALAZZO DEL CANSIGLIO (SCALA: 1 A 10.000).
cr: Calcari a Rudiste - br: Breccia calcarea a Crinoidi - Sc: Scaglia.

bensì anche alla media annuale della località (12), in armonia del resto con quanto era già stato osservato in altri pozzi naturali (13).

La caduta dell'aria fredda invernale è stata poi giustamente invocata per spiegare la conservazione della neve sul fondo dei pozzi naturali situati molto al disotto del limite delle nevi permanenti e dei quali alcuni esempi si hanno pure nell'Altipiano del Cansiglio, fra cui come si è visto, è lo stesso Bûs de la lum (14).

Sarà còmpito di ulteriori osservazioni, eseguite nelle diverse stagioni, di stabilire i limiti delle variazioni della temperatura nel tempo alle varie profondità. La temperatura di 7° registrata dal MARSON nel Bûs de la lum, alla profondità di 158 m., con una temperatura esterna di 17°, proverebbe (se l'osservazione è esatta) che l'escursione termica, pure a notevole profondità, è abbastanza ampia. Ciò del resto non deve sorprendere, in vista delle numerose cause che possono concorrere ad alterare nell'interno della voragine la distribuzione termica determinata dalla gravità, dalla propagazione del calore dall' alto e basso e dai moti convettivi che intervengono quando la distribuzione del calore è crescente verso il basso. Fra queste cause si deve annoverare in primo luogo l'influenza dell'acqua, che entra direttamente dalla bocca o da fessure laterali, e della neve che vi cade nell'inverno; vuoi per effetto del lento scambio di calore con l'aria interna, vuoi pel rimescolamento che provocano negli strati d'aria con la loro caduta. Il giorno 9 agosto, l'acqua scorrente sulle pareti al fondo del Bûs de la lum aveva una temperatura di 4°.2, mentre quella dell'aria era di 3°.2.

Tra i fattori secondarî, benchè forse non trascurabili ne' loro effetti, vanno ricordati i fenomeni d'evaporazione e condensazione del vapore acqueo che si possono verificare nell'interno del pozzo; e quelli di compressione e dilatazione dell'aria in conseguenza delle variazioni bariche. Si comprende quindi come la temperatura dell' aria a una data profondità della voragine è il risultato di un complesso molteplice di circostanze, di cui le principali sono la forza di gravità e la propagazione di calore per conduttività dall'alto al basso.

Nella parte superiore della colonna d'aria, che risente le variazioni diurne della temperatura esterna, si può naturalmente avere tanto la stratificazione diretta (15), cioè con tempe-

(12) A Sàuris in Carnia (m. 1217), la media temperatura estiva, in 5 anni di osservazioni, risultò eguale a 14°.2 e la media annua a 6°.

(13) Il DE GASPERI (*Grotte e voragini del Friuli*) scrive che nella « Rupa Cerconizza (Prealpi Giulie), a 300 m. sul mare, con una temperatura esterna di 19°, quella al fondo fu trovata di 10°; nella voragine con neve del Matajur, a 1400 m. circa, la temperatura al fondo era di 5°.4, e quella alla superficie di 6°.2 ». Secondo una citazione dello stesso autore, il fenomeno della stratificazione termica è stato osservato dal MARTEL nel Creux-de-Souci (Puy-de-Dôme), una voragine profonda 33 m. e a forma di doppio imbuto, col restringimento a circa 11 m. di profondità. Il fondo del pozzo è occupato da un lago, la cui temperatura, secondo la stagione, è di 1°-2°: l'aria sovrastante fu trovata di 1° mentre quella esterna era di 10°.5 (MARTEL - *Les Abimes*, Paris, 1894, pag. 387).

(14) Una voragine con neve è la Sperlonga della Val del Palazzo, profonda 39 m., al cui fondo, il 16 ottobre 1909, la temperatura dell'aria era di 1.°6. Nel Buso de la iazza, ancora sul Cansiglio, il fondo, situato a 28 m., è coperto da uno strato permanente di ghiaccio. I soci del Circolo Speleologico (COPPADORO ANGELO - *Contributo allo studio dei fenomeni carsici dell'altipiano del Cansiglio*, « In Alto », anno XIV, n. 2 [1 marzo 1903]) vi registrarono i seguenti dati termometrici il 13 settembre 1902:

esterno	18° (ore: 9.30)
m. 12	3°
» 22	2°,7
» 28	2°

Anche qui il fenomeno dell'inversione termica è oltremodo evidente.

(15) Nella troposfera il gradiente termico è positivo quando la temperatura diminuisce coll'altezza, che è il caso normale (stratificazione diretta). Nei laghi invece, la stratificazione diretta si verifica quando la temperatura diminuisce con la profondità. Data la grande analogia esistente fra la distribuzione termica nei laghi e quella nell'interno delle voragini, chiameremo diretta la distribuzione della temperatura decrescente verso il basso.

ratura decrescente verso il basso e che è evidentissima nell'estate, quanto quella inversa, comune nell'inverno. Nel diagramma del 9 agosto, la temperatura è quasi la stessa nei primi 12 m., avendosi solo un leggero aumento dall'alto al basso, cioè un principio di stratificazione inversa. Segue quindi una repentina diminuzione di temperatura (salto termico). Questa zona di energica stratificazione, più che mai evidente nei diagrammi del 7 e 8 agosto, segna il passaggio dalla parte superiore della colonna d'aria, più direttamente e più energicamente influenzata dalla temperatura esterna, alla parte inferiore, dove le variazioni diurne arrivano notevolmente attenuate. La zona di salto presentò una temperatura relativamente costante (12°.3-14°.4) fra il 4 e il 9 agosto. È in questa zona dove il diagramma del giorno 9 agosto, da principio molto discosto da quelli dei giorni precedenti, viene quasi a coincidere con essi.

Difatti il giorno 9, alle ore 6.55, con una temperatura esterna di 12°.6, la temperatura a 12 m. era di 12°.9, quasi eguale a quella registrata alla stessa profondità i giorni 7 e 8 fra le 14.25 e le 15.5, con una temperatura esterna di 22°.3 e 20°.3. Lo stesso giorno 9, la temperatura a 22 m. era invece di oltre 2° superiore a quella osservata nello stesso punto e nel pomeriggio dei due giorni precedenti. La causa di ciò potrebbe risiedere nel ritardo con cui il riscaldamento diurno arriva negli strati d'aria più profondi.

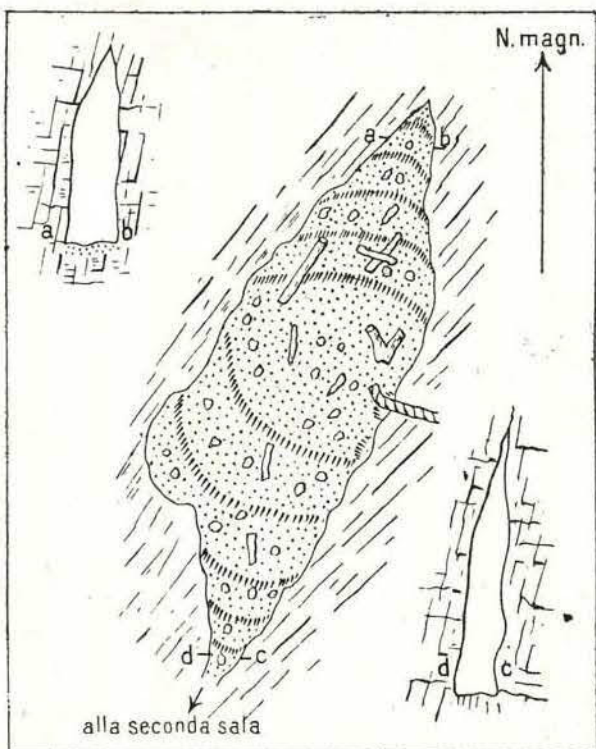
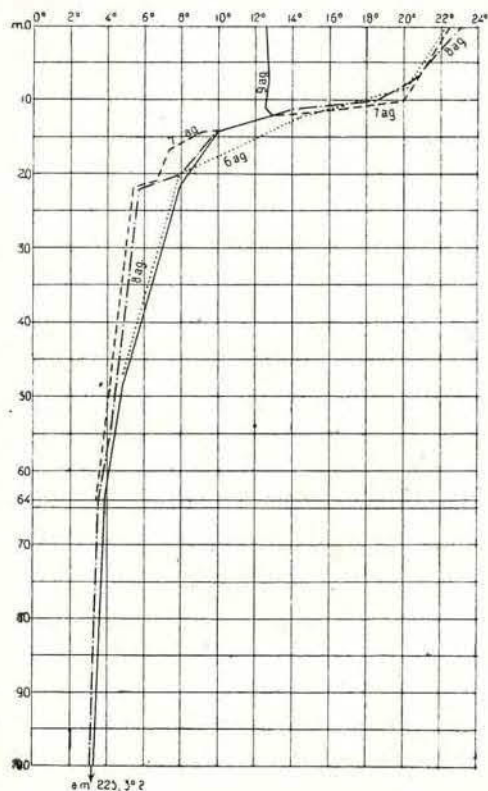
Nel periodo contemplato dai diagrammi, le oscillazioni esterne si risentono sino all'altezza del ripiano situato a 64 m. dalla bocca, dove la temperatura fra il 4 e il 9 agosto variò di pochi decimi di grado (16). Dal ripiano sino al fondo del pozzo la temperatura è invece la stessa. È da rilevare che precisamente al disopra di questo ripiano avviene la riunione dei due pozzi, mentre appena al disotto, il camino ormai unico della voragine presenta un notevole restringimento, che limita considerevolmente lo scambio di calore col basso. Sotto lo stesso rapporto è pure significativa la circostanza relativa alla posizione della zona del salto termico, la quale occupa la parte più bassa dell'imbuto superiore della voragine, all'altezza delle bocche dei pozzi (17).

Un fatto singolare è quello rilevato il 7 e 8

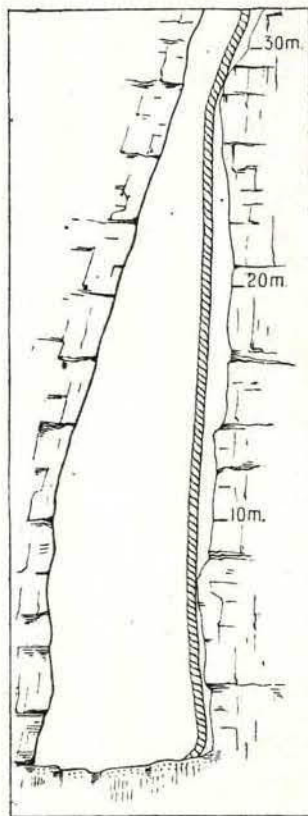
(16) A questo proposito si deve pure tener conto del riscaldamento che potrebbe forse giustificare le piccole differenze di temperatura osservate a tale profondità e soprattutto il dato anomalo di 5° registrato il 6 agosto alle 19.30.

(17) Alla variazione della temperatura lungo la verticale si può dare un'espressione numerica, per mezzo del gradiente termico verticale. Eccone i valori riferiti all'altezza di 100 metri (analogamente a quanto si usa fare per il calcolo del gradiente termico dell'atmosfera) calcolati sui dati termometrici rilevati il giorno 8 agosto; valori espressi da numeri molto alti in confronto dei gradienti che si verificano nell'atmosfera:

Profondità:	Gradiente:
m. 0-7	— 32°.8
» 7-10	— 70°.0
» 10-11	— 430°.0
» 11-12	— 160°.0
» 12-14	— 135°.0
» 14-20	— 35°.0
» 20-22	— 105°.0
» 22-54	— 5°.0
» 54-64	— 7°.0
» 64-225	— 1°.124

Gradiente massimo osservato il 7 agosto, fra 10,5 e 12 m. = 506°.

PIANTA E SEZIONI PARZIALI DELLA PRIMA SALA SITUATA AL FONDO DEL BÛS DE LA LUM (SCALA: 1 A 275 CIRCA).

DIAGRAMMI DELLA DISTRIBUZIONE DELLA TEMPERATURA NELLA VORAGINE.

agosto nella zona del salto termico, a 12-14 m. di profondità, dove il termometro segnava in uno stesso punto e a brevissimi intervalli, temperature diverse, con una differenza di 1°.1 fra gli estremi osservati. Il fenomeno è stato da me studiato con la maggior possibile diligenza, così da non lasciare dubbi sull'esattezza delle misurazioni. Quanto alle possibili cause di queste rapide variazioni ho pensato alla seguente: che gli strati d'aria, a temperatura e densità diverse, che costituiscono la zona del salto, diventerebbero campo di deformazioni od oscillazioni nel senso verticale, portando il termometro a contatto alternativamente con strati più freddi e strati più caldi. Tale spiegazione è basata sull'analogia con quanto fu osservato in certe zone dell'atmosfera, energicamente stratificate e con salti repentini di temperatura, zone che andrebbero facilmente soggette a moti ondosi, che si riflettono in una speciale distribuzione delle nubi, a onde o a striscie parallele. Questo ammettendo, resta da determinare la causa di siffatte vibrazioni degli strati d'aria nell'interno della voragine. La distribuzione della temperatura crescente verso l'alto impedisce la formazione di moti convettivi e di correnti d'aria ascendenti. Più verosimile è invece l'ipotesi di spostamenti della colonna d'aria per effetto del diverso riscaldamento nei due pozzi che formano la parte superiore del Bûs de la lum. Il pozzo meridionale, ad apertura più stretta e più riparato dalla diretta radiazione solare, è meno riscaldato del pozzo settentrionale; così che in date circostanze le due colonne d'aria, causa la diversa temperatura raggiunta e la conseguente diversa densità, potrebbero trovarsi fra loro in momentaneo squilibrio, che opera nel senso di sollevare o deprimere alternativamente le due colonne come quelle d'un liquido in due vasi comunicanti diversamente riscaldati.

Un'altra causa probabile potrebbe risiedere nelle variazioni barometriche. Così una diminuzione di pressione all'esterno, ovvero il riscaldamento dell' aria nella parte superiore della voragine, obbliga la colonna interna a dilatarsi. Al contrario, un aumento di pressione all' esterno e il raffreddamento degli strati d'aria superiori della voragine, determina una affluenza d'aria verso la bocca del pozzo e pertanto una compressione della colonna interna. Poichè tali variazioni termiche e bariche agiscono si può dire in modo permanente, l'aria interna del pozzo deve trovarsi in con-

SEZIONE VERTICALE DEL TRATTO TERMINALE DEL BÛS DE LA LUM. (SCALA: 1 A 320).

tinuo squilibrio con quella esterna e perciò in continuo movimento, tanto più che in un corpo eminentemente elastico come l'aria, l'equilibrio non viene raggiunto che dopo una serie più o meno lunga di vibrazioni. Tali oscillazioni però, per ragioni del tutto intuitive, diventerebbero sensibili all'osservazione termometrica solo durante le più rapide e intense variazioni bariche e dentro la zona del salto termico; e devono essere poi particolarmente sensibili quando la temperatura esterna diventi più bassa di quella interna, dando luogo a moti convettivi o a sconvolgimenti negli strati d'aria interni.

I dati riuniti nella tabella N. 2 provano che il fenomeno sopra descritto viene effettivamente a coincidere con un periodo di rapide e sensibili variazioni bariche (18). Così, il 7 agosto, fra le 12.20 e le 14.35, l'aneroide registrò all'esterno una differenza di pressione di mm. 1.6 e il giorno 8, fra le 14.45 e le 16.10, di mm. 0.8.

Nella stessa tabella sono contenute le misurazioni barometriche eseguite (19), a breve distanza di tempo, rispettivamente alla bocca della voragine, al ripiano situato a 64 m. e sul fondo del pozzo. Essa ci mostra che la pressione al ripiano segue abbastanza fedelmente la pressione esterna. La differenza fra la pressione all'esterno e quella al ripiano, o, ciò che equivale, la differenza di livello calcolata in base alla formula barometrica (20), non è naturalmente costante, in parte anche pel fatto che le osservazioni non furono eseguite simultaneamente. La differenza di livello, calcolata in base

TABELLA N. 2

Data	Posizione	Ora	Temperatura dell'aria	Pressione barometrica in mm.	Differenza di livello calcolata in m.
6 agosto	esterno della voragine	8.20	16.°5	680.8	21.93
		12.45	20.°8	680.7	28.31
		14.30	22.°3	681.3	33.16
		20.10	14.°3	681.3	36.51
	ripiano a 64 m.	9.58	3.°4	682.6	(21.93)
		12.30	3.°4	683	(28.31)
		15	3.°3	684	(33.16)
		20	5.°	684.3	(36.51)
7 agosto	esterno della voragine	8.10	16.°5	680.8	
		12.20	22.°9	680.6	29.57
		14.35	22.°3	679	49.27
	ripiano a 64 m.	13.40	3.°3	683	
8 agosto	esterno della voragine	14.45	22.°9	675.8	47.09
		16.10	20.°9	676.6	37.04
		16.30	20.°3	677.2	
	ripiano a 64 m.	15.30	3.°4	679.6	
9 agosto	esterno della voragine	6.30	12.°6	678.5	41.27
		8.15	12.°8	678.8	37.63
		16.30	15.°2	679.8	
	ripiano a 64 m.	7	3.°8	681.9	41.27
		14.30	3.°6	682.2	
	fondo della voragine, a 225 m.	15.30	3.°2	693	159.46 sotto la bocca della voragine e 127.59 sotto il ripiano

alla pressione, fra l'orlo della voragine e il ripiano, secondo la media di 10 misurazioni, è di 36.18 m. Il dislivello fra l'orlo della voragine e il fondo e fra quest'ultimo e il ripiano è rispettivamente di 159.46 m. e 127.59 m.; cifre, come si vede, tutte sensibilmente inferiori a quelle misurate con lo scandaglio. Sebbene ignori le cause che determinano tale divario, e che potrebbero risiedere in parte nella grande differenza di densità degli strati d'aria nell'interno del pozzo, credo in ogni modo che esso costituisca un avviso a non fare affidamento sulle misure di profondità ottenute con l'aneroide.

Dott. EGIDIO FERUGLIO

(18) Durante tutto il periodo dell'esplorazione il tempo è stato variabile e in parte piovoso.

(19) Le osservazioni furono fatte con un aneroide opportunamente controllato per confronti con un barometro a mercurio poco prima e poco dopo l'esplorazione.

(20) La differenza di livello fu calcolata con la formola di SAINT ROBERT:

$$Z = 58.80 \frac{h - H}{\frac{h}{273 + t} \quad \frac{H}{273 + T}}$$